

TALOTEHTAAN SAHAUKSEN RAAKA- AINEHANKINNAN OPTIMOINTI

Perttu Kemppanen

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma

Metsätalousinsinööri (AMK)

2014

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU

Luonnonvara-ala

Metsätalousinsinööri (AMK)

TALOTEHTAAN SAHAUKSEN RAAKA- AINEHANKINNAN OPTIMOINTI

2014

Toimeksiantaja Kontiotuote Oy

Perttu Kemppanen

Hyväksytty____2014_____

Luonnonvara- ja ympäristöala
Metsätalous

| | | | |
|----------------------------|------------------------------------------------------|--------------|------|
| Tekijä | Perttu Kemppanen | Vuosi | 2014 |
| Toimeksiantaja | Kontiotuote Oy | | |
| Työn nimi | Talotehtaan sahauksen raaka-ainehankinnan optimointi | | |
| Sivu- ja liitemäärä | 27 + 1 | | |

Kontiotuote Oy tarjosi opinnäytetyön aihetta liittyen puunhankintaan ja sahaukseen. Tutkimuksen tavoitteena oli löytää täsmällistä tietoa jatkojalostuksen tarvitsemasta sahatukin määrästä ja kokoluokista. Tutkimus toteutettiin kahdessa vaiheessa.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa simulointiohjelmalla etsittiin eniten käytettäville sahatavaradimensioille optimaalisin tukkikoko. Saatujen kokoluokkien ja tarvittavista sahatavaramääristä muodostettiin tukkimatriisi, josta ilmeni tukkien tarve eri läpimittaluokissa.

Tutkimuksen toisessa vaiheessa optimaalista tukkimatriisia ja jatkojalostuksen tarvitsemia sahatavaramääriä verrattiin vuonna 2013 toimitettuun tukkisumaan. Tämän lisäksi haettiin keinoja sahaussaannon parantamiseksi.

Tutkimuksessa käytettiin aineistona Kontiotuote Oy:n vuoden 2013 tilastoja. Tukkien optimaalisten latvaläpimittojen ja käyttösuhteiden tutkimiseen käytettiin Tukki 5.0 -sahauksen simulointiohjelmaa. Saadut tulokset laskettiin ja koostettiin Excel- taulukkolaskentaohjelmalla.

Tukkimatriisissa tukkien tarve painottui tukkijakauman järeisiin tukkikokoluokkiin tehtaalle toimitettujen kokoluokkien painoutuessa pienimpiin kokoluokkiin. Toimitetun tukkisuman järeyttä olisi kasvatettava lähemmäs optimaalista jakaumaa. Sahauksen simulointien perusteella löydettiin keinoja parantaa pienempien sahatavara- ja tukkidimensioiden sahauksen optimaalisuutta.

Avainsanat puunhankinta, sahauksen optimointi, tukkijakauma

School of Forestry and rural industries
Forestry Programme

| | | | |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------|------|
| Author | Perttu Kemppanen | Year | 2014 |
| Commissioned by | Kontiotuote Oy | | |
| Subject of thesis | Optimizing procurement of raw material for sawing in Kontiotuote Oy | | |
| Number of pages | 27 + 1 | | |

Kontiotuote Oy offered a subject to the thesis. The subject was timber procurement and sawing lumber. The objective of the thesis was to research accurate information about a need of timber and log diameter classes which were needed in sawing lumber. The research was made in two stages.

In stage one. Using sawing simulation software there were researched optimal top diameters for most used lumber dimensions. Using these optimal diameters were made log matrix, which indicated need of timber in diameter classes.

In stage two optimal log matrix and need of lumber in further processing were compared to the amount of delivered timber in 2013. There were also researched solutions to improve sawing yield.

Research was based to year 2013 statistics in Kontiotuote Oy. Tukki 5.0 sawing simulation software was used for researching optimal top diameters and utilization factors. Simulation results were summarised in Excel software.

In log matrix the demand of timber sizes concentrated to the biggest top diameters. The timber delivered to the factory was mostly of the smaller diameter. The dimension of the timber should be improved towards to the optimal log distribution. Solutions to improve sawing smaller timber were found based on the sawing simulations.

Key words timber procurement, timber sawing optimization, log distribution

SISÄLLYS

| | |
|------------------------------------------------------------------|----|
| KUVIOLUETTELO | 1 |
| 1 JOHDANTO | 2 |
| 2 TALOTEHDAS TOIMINTAYMPÄRISTÖNÄ..... | 4 |
| 2.1 KONTIOTUOTE OY LYHYESTI | 4 |
| 2.2 TUOTTEET JA PALVELUT | 4 |
| 2.3 SAHAUKSESSA JA JATKOJALOSTUKSESSA KÄYTETTYJÄ MENETELMIÄ..... | 6 |
| 2.4 TUOTANTOKETJU | 7 |
| 2.5 SAHAUKSEN RAAKA-AINEEN HANKINTA | 8 |
| 3 PUUTAVARAN KATKONTA | 10 |
| 3.1 KATKONNAN OHJAUS | 10 |
| 3.2 KATKONTAAN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ | 11 |
| 4 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT | 14 |
| 4.1 LÄPIMITAT | 14 |
| 4.2 TUKKIEN PITUUDET | 14 |
| 4.3 SAHATAVARAN KÄYTTÖ | 15 |
| 4.4 TUKKIMATRIISI | 16 |
| 4.5 SAHAUKSEN OPTIMAALISUUS | 17 |
| 5 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU | 18 |
| 5.1 LÄPIMITAN VAIKUTUS SAHAUSSAANTOON | 18 |
| 5.2 PITUUDEN VAIKUTUS SAHAUSSAANTOON | 19 |
| 5.3 TUKKIMATRIISI | 20 |
| 5.4 SAHAUKSEN OPTIMAALISUUS..... | 21 |
| 6 JOHTOPÄÄTÖKSET | 25 |
| LÄHTEET | 27 |
| LIITTEET | 28 |

KUVIOLUETTELO

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| KUVIO 1 LAMELLIHIRSIDIMENSIOT (KONTIOTUOTE OY 2014) | 5 |
| KUVIO 2 HÖYLÄHIRSIDIMENSIOT (KONTIOTUOTE OY 2014) | 5 |
| KUVIO 3 PYÖRÖHIRSIDIMENSIOT (KONTIOTUOTE OY 2014)..... | 6 |
| KUVIO 4 TALOTEHTAAN TUOTANTOKETJU (KONTIOTUOTE OY 2014) | 8 |
| KUVIO 5 HYLÄTYT TUKIT TOIMITTAJITTAIN (KONTIOTUOTE OY 2014)..... | 13 |
| KUVIO 6 VUODEN 2013 TUKKISUMAN LÄPIMITTAJAKAUMA | 14 |
| KUVIO 7 VUODEN 2013 TUKKISUMAN PITUUSJAKAUMA..... | 15 |
| KUVIO 8 LÄPIMITAN VAIKUTUS SAHAUSSAANTOON | 18 |
| KUVIO 9 PITUUDEN VAIKUTUS SAHAUSSAANTOON | 19 |
| KUVIO 10 TUKKIEN TARVE PROSENTTEINA LÄPIMITTALUOKITTAIN | 20 |
| KUVIO 11 TUKKIEN TARVE KAPPALEINA..... | 21 |
| KUVIO 12 DIMENSIO 50*100 | 22 |
| Kuvio 13 Dimensio 44*100..... | 22 |
| KUVIO 14 OPTIMAALINEN TARVE VERRATTUNA VUODEN 2013 TUKKISUMAAN..... | 23 |
| KUVIO 15 HIRSIAIHIO SAHATAVARADIMENSIOIDEN KÄYTTÖSUHTEET..... | 24 |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihetta etsittäessä, Kontiotuote Oy tarjosi aihetta liittyen puunhankinnan optimointiin. Aiheen lähtökohtina olivat talotehtaan puunhankinnan optimointi ja erityisesti täsmällisempi tieto raaka-puun tarpeesta dimensioittain.

Kontiotuote Oy valmistaa vuosittain noin 1800 hirsirakennusta. Tehtaalla on oma saha, jonka tarkoituksena on tuottaa jatkojalostuksen tarvitsema sahatavara. Sahan kapasiteetti riittäisi sahaamaan riittävän määrän, mutta riittävän suuren tukin saatavuus asettaa rajoituksia. Kontiotuote Oy:n sahan tarkoituksena on tuottaa jatkojalostuksessa tarvittava sahatavara. (Poijula 2014.)

Jatkojalostuksen tarvitsema puutavaran määrä on tarkoin tiedossa, mutta sen tuottamiseen tarvittavien tukkien määrä ja eri kokoluokkien suhde ei ollut yhtä yksiselitteinen. Puunhankinnan suurimpana ongelmakohtana on riittävän suuriläpimittaisen tukin saanti puunhankinta-alueelta. Puunhankinta on kohdistettu tehtaan lähialueelle, jotta tukkien kuljetuskustannukset eivät kasvaisi kohtuuttoman suuriksi. (Poijula 2014.)

Tutkimuksen haasteena oli eri sahatavaradimensioiden suuri määrä. Tästä johtuen eri simulointeja oli tehtävä suuri määrä optimaalista tukkivalikoimaa etsittäessä. Eri dimensioiden suuresta määrästä johtuen pääpaino optimoinnille asetettiin hirsiaihioidimensioihin, joiden tarve on suurin ja niihin käytettävän raaka-aineen saatavuus haasteellisin. Joidenkin tutkimuksen osien kohdalla valittiin vain muutamia dimensioita ja tukkikokoja joita tutkittiin.

Hirsirakentamisen suosio on kasvussa. Suomessa hirsirakennuksia valmistavia yrityksiä on useita ja kilpailu alalla on kovaa. Hirsirakennusten valmistaminen on pitkälle automatisoitunutta jonka avulla kyetään suuriin valmistusmääriin. Hirsirakennukset on pitkään mielletty vapaa-ajan asunnoiksi, mutta varsinaisten asuintalojen rakentaminen on jatkuvassa kasvussa. (Puuinfo 2014, 11.)

Hirsirakentamisen suosiota on lisännyt muun muassa hirsitalojen ekologisuus ja paljon keskustelua herättäneet sisäilmaongelmat. Hirsirakennusten sisäilman laatu on tutkitusti terveellistä sen kosteuden ja muiden muuttujien valossa. Hirren käyttö rakennusmateriaalina on yleistynyt myös julkisella sektorilla, esimerkiksi koulujen ja päiväkotien rakentamisessa. Rakennusmateriaalina hirsi on myös kustannustehokas rakennusmateriaali. (Puuinfo 2014, 7.)

Tutkimuksen tavoite oli selvittää ja määrittää tarvittavan puuraaka-aineen määrä ja eri tukkikokojen optimaalinen jakauma, jotta jatkojalostuksen tarve täyttyisi mahdollisimman hyvin mahdollisimman vähällä puutavaran määrällä.

Opinnäytetyön aihe on hyvin mielenkiintoinen ja ajankohtainen. Puun jatkojalostus kuuluu henkilökohtaisiin intresseihin, joka lisäsi aiheen kiinnostavuutta entisestään.

2 TALOTEHDAS TOIMINTAYMPÄRISTÖNÄ

2.1 Kontiotuote Oy lyhyesti

Kontiotuote Oy perustettiin vuonna 1976, Timo Tirolan toimesta Pudasjärvelä. Toiminta aloitettiin kenttäsirkkelillä, mistä liiketoiminta laajeni sahauksen ohella vähitellen yksinkertaisiin hirsirakennuksiin. Siitä lähtien tehdasalue on kasvanut ja sitä myötä tuotannon määrä. Nykyinen tuotantotahti on noin 1800 hirsirakennusta vuosittain. (Kontiotuote Oy 2014.)

Nykyisin Kontiotuote Oy on osa PRT- Forest konsernia, joka on monipuolinen puurakennusalan toimija. Jatkuvan tuotekehityksen ja nykyaikaisen tuotantoteknologian myötävaikutuksesta Kontiotuote Oy on markkinajohtaja hirsirakennusmarkkinoilla. Kontiotuotteen liikevaihto oli vuonna 2013 noin 56,6 miljoonaa euroa. (Kontiotuote Oy 2014.)

Kontiotuote Oy:n päämarkkina-alueita on kotimaa, mutta vientiä on ulkomaille useaan eri maahan, joista merkittävimpiin lukeutuvat Venäjä ja Ranska. Hirsirakennuksia kuitenkin viedään Japaniin asti. Ulkomaille on toimitettu suuria tilauksia kuten kirkkoja ja erilaisia rakennuskokonaisuuksia kuten Japaniin toimitettu golfkeskus. Rakennusmateriaalina hirsi on havaittu hyväksi, sen kestäessä vaativiakin olosuhteita, esimerkiksi maanjäristysalueilla. (Kontiotuote Oy 2014.)

2.2 Tuotteet ja palvelut

Hirsirakennuksiin käytetään kolmea eri hirsityyppiä, jotka erilaisten ominaisuuksien puolesta soveltuvat erilaisiin rakennuksiin. Hirsien erilaisten ominaisuuksien ja niille asetettujen standardien lisäksi erilaiset henkilökohtaiset mieltymykset vaikuttavat hirsivaihtoehtojen valintaan. Hirsirakennusten materiaalina on mänty. (Kontiotuote Oy 2014.)

Suurin osa hirsirakennuksista valmistetaan lamellihirrestä. (Kontiotuote Oy 2014). Lamellihirret valmistetaan liimaamalla sahattuja ja höylättyjä lankkuja

vierekkäin ja päällekkäin tarvittava määrä kyseisen hirsidimension savuttamiseksi. (Siikanen 2008, 104.) Tämän avulla on saatu kasvatettua hirsien kokoa ja ne kyetään valmistamaan pienemmästä sahatavarasta. (Kuvio 1.) Lamellihirsien etuihin kuuluu myös pienempi painuminen kuin massiivihirsillä sekä lähes minimaalinen halkeilu. Lamellihirsien liimaussaumamat ovat lähes huomaamattomia valmiissa hirsiseinässä. (Kontiotuote Oy, 2014.)



Kuvio 1 Lamellihirsidimensiot (Kontiotuote Oy 2014)

Höylähirsi valmistetaan massiivipuusta ahiosta höyläämällä (Kuvio 2). Höylähirsien kokoa rajoittaa suuriläpimittaisen puun tarve. Massiivipuun huonoina puolina on koettu halkeilu ja rakennuksen suuri painuminen, joka asettaa omat vaatimuksensa suunnittelulle. (Kontiotuote Oy 2014.)



Kuvio 2 Höylähirsidimensiot (Kontiotuote Oy 2014)

Pyöröhirttä valmistetaan lamellihirtenä sekä höylähirtenä (Kuvio 3). Suurin pyörölamellihirsi 230 soveltuu talon rakennukseen, mutta yleensä pyöröhirttä käytetään huviloiden rakentamiseen.



Kuvio 3 Pyöröhirsidimensiot (Kontiotuote Oy 2014)

Hirsien koko mitoitetaan eri rakennusten mukaan, esimerkiksi huviloihin ja ulkorakennuksiin valitaan pienempiä dimensioita kuin vakituisesti asuttuihin taloihin. Eri dimensioiden valintaan vaikuttavat myös erilaiset rakentamiselle asetetut standardit. (Kontiotuote Oy 2014.)

Hirsirakennusten lisäksi tehtaalla valmistetaan rakennuksiin tarvittavat muut sahatavarat kuten paneelit. Tehtaalla on myös oma kattoristikkohalli. Rakennuksen sovitusta toimituksesta riippuen paketti voi olla hyvinkin kattava tai se voi sisältää vain kehikon. (Kontiotuote Oy 2014.)

Rakennusten lisäksi tarjolla on pystytyspalvelu, joka huolehtii rakennusten pystyttämisestä. Hirsirakennusten pystytykseen erikoistunut työporukka pystyttää hirsikehikon nopeasti. Hirsikehikon ehdottomana etuna on valmis ulko- ja sisäseinä kerrallaan. (Kontiotuote Oy 2014.)

2.3 Sahauksessa ja jatkojalostuksessa käytettyjä menetelmiä

Sahauksessa on käytössä pohjoismainen sahauskäytäntö. Kyseisessä sahaustavassa tukista sahataan ensin kaksi pintalautaa vastakkaisilta syrjiltä. Sahauksilla muodostetaan pelkka, josta sahataan tarvittavan kokoisia dimensioita. Sahatut sivulaudat särmätään halutuiksi dimensioiksi. (Siikanen 2008, 54.) Särmäyksessä saaduista sivulauta-aihioista pyritään poistamaan va-

jaasärmäisyys. Särmäykseen kuuluu myös sivulaudan katkaiseminen pituuteen joka poistaa vajaasärmäisyyden. (Juvonen – Johanson 1986, 79.)

Tukkien pituuden asettaessa rajoituksia on sahatavaraa alettu jatkamaan. Jatkamalla saadaan halutun pituista puutavaraa ja tuotannossa aiheutuva sahatavaran hukka pienenee huomattavasti. Yleisin käytetty jatkostyyppi on sormijatkos. Sormijatkoksessa sahatavaraan työstetään sormimaiset urat, jotka limittyvät vastakkaisen kappaleen kanssa. Liitos tehdään liimaamalla. (Siikanen 2008, 102.) Kontiotuote Oy käyttää sormijatkosta ja saadun sormijatketun puutavaran on täytettävä c24 lujuusluokka. (Kontiotuote Oy 2014.)

Rakentamisessa käytetyiltä materiaaleilta vaaditaan nykyisin CE- merkintä. CE- merkintä on osoitus eri tuotteille asetettujen turvallisuus ja terveellisyys standardien täyttämisestä. (Kontiotuote Oy 2014.) Kyseisiä standardeja on esimerkiksi sahatavaralle asetetut lujuusvaatimukset. (Siikanen 2008, 128.)

2.4 Tuotantoketju

Tuotanto alkaa tukkien vastaanotolla. Tukit tuodaan tehtaalle puutavara-autolla. Puut puretaan mittausasemalle, ja jokaisen tukin latvaläpimitta ja tilavuus mitataan. Tukit lajitellaan läpimittaluokkien mukaisesti lokeroihin, joiden perusteella sahaus tapahtuu. Jokaiselle lokerolle on määriteltä sahatavara-dimensiot mitä kustakin kokoluokasta sahataan. Mittauksen yhteydessä varmistetaan tukkien laatu, ja vialliset tukit poistetaan. (Lauhikari 2014.)

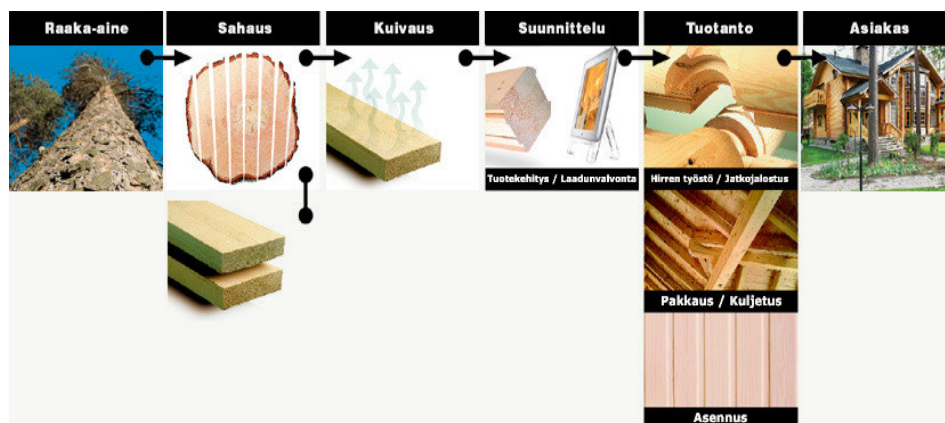
Lokeroista tukit syötetään sahauslinjastolle, missä tukit sahataan latvaläpimitan mukaan optimaalisesti. Sahauksen jälkeen saatu sahatavara kuivataan. Kuivaaminen tapahtuu halleissa ja kuivausyksiköissä, joissa kuivatus on nopeaa. (Kontiotuote Oy 2014.)

Hirsiaihioiden valmistus alkaa sormijatkoslinjastolta. Sahatut lankut jatketaan 12 metriä pitkäksi palkiksi. Näin muodostuneet palkit liimataan hirsiaihioiksi. (Lauhikari 2014.) Vaikka hirret valmistetaan liimaamalla, on pyrkimyksenä säilyttää hirsien pinta mahdollisimman ehjän näköisenä. (Poijula 2014.) Tukin

pitäyden lyhentyessä sormijatkosten määrä lisääntyy. Jokaisesta liimatusta hirsisaihioerästä sahataan testikappale, joka altistetaan erilaisille rasituskokeille. Tämän avulla voidaan varmistaa liimauksen pitävyys ja pitää yllä korkeaa ja tasaista laatua. (Kontiotuote Oy 2014.)

Liimattu hirsiaihiio siirretään höyläämöö, missä se höylätään lopulliseen muotoonsa. Höylätty hirsii katkotaan tarvittavan mittaiseksi, joihin höylätään salvokset ja porataan vaarnatappien ja kiristystankojen reiät. (Kontiotuote Oy 2014.)

Kontiotuote Oy suunnittelee itse valmistamansa hirsirakennukset (Kuvio 4). Rakennuksista on koostettu kattavat vakiomallistot, mutta asiakkaan toiveiden mukainen rakennus on mahdollista suunnitella. (Pojjula 2014.).



Kuvio 4 Talotehtaan tuotantoketju (Kontiotuote Oy 2014)

2.5 Sahauksen raaka-aineen hankinta

Kontiotuote Oy:llä ei ole omaa hankintaketjua vaan puuraaka-aine ostetaan metsätalouden toimijoilta. Puutavaran toimituksista tehdään sopimuksia, joiden nojalla sopimuksen mukainen tukkimäärä toimitetaan tehtaalle tietyllä aikavälillä. Puuraaka-aine pyritään hankkimaan mahdollisimman läheltä, Puudasjärven alueelta sekä naapurikunnista, jotta kuljetuskustannukset pysyisivät kohtuullisina. (Pojjula 2014.)

Toimituskauppa on puukauppa, jossa jokin organisaatio hoitaa puun korjuun ja kuljetuksen puun ostajalle, esimerkkinä Metsähallitus, jonka puunkorjuu perustuu toimituskauppoihin. Toimituskaupoissa laaditaan toimitussopimukset, joissa määritellään puutavaran määrä ja hinnat. (Metsäteho 2010.)

Puutavaran mittaus tapahtuu tehtaalla, jonka perusteella puutavara maksetaan. Saadusta mittaustuloksesta annetaan lautapalaute, joka välitetään korjuuorganisaatiolle. (Metsäteho 2010.) Lautapalautteen antaminen on oltava nopeaa, jotta se saadaan käyttöön ja seuraavia tukkieriä voidaan muuttaa vastaamaan paremmin vastaamaan tavoitejakamaa. (Metsäteho 2010.)

Toimituskaupassa samasta leimikosta saatetaan hakata puutavaraa monelle eri toimijalle. Tämä asettaa tiukat vaatimukset korjuunohjaukselle, jotta tuotantolaitosten asettamat tukkijakaumat voitaisiin täyttää mahdollisimman tarkasti. Pitkälle erikoistunut sahatavaran jalostus asettaa tiukat vaatimukset raaka-aineen hankinnalle. Puunkorjuussa puutavaran asiakaslähtöisyyttä tulisi korostaa. (Metsäteho 1998, 8-9.)

3 PUUTAVARAN KATKONTA

3.1 Katkonnan ohjaus

Katkonnan ohjaamiseen käytetään arvo- ja jakauma apteerausta. Arvoapteerauksessa rungot pyritään katkomaan maksimaalista arvoa tavoitellen. Arvoapteerausta ohjaa arvomatriisi, jossa on määriteltynä eri katkontavaihtoehtojen arvo. (Metsäteho 1999, 5.)

Jakauma-apteerauksen ohjaamiseen on määritelty jakaumamatriisi. Jakaumamatriisin tehtävänä on määritellä tavoite osuudet eri läpimittojen sekä pituuksien suhteelle. Pituusjakauma voidaan määritellä, läpimittaluokan sisäisesti tai yleisesti jollekin puutavaralajille. Tavoiteosuudet voidaan määritellä kappale tai kuutiomäärien mukaan. (Metsäteho 2005, 70.)

Jakaumamatriisin toteutumista ohjataan kahdella menetelmällä. Korjuun edetessä eri puutavaraluokkien osuutta ohjataan jakauman suuntaiseksi mukautuvalla arvomatriisilla. Kun jonkun dimension osuus on jäämässä kauas jakaumamatriisin osuudesta, apteerauksessa käytetty ohjelma nostaa tämän dimension arvoa. Arvon kohottamisesta seuraa tämän dimension suosimista, jolloin sen osuus kasvaa. Vastavuoroisesti jonkin dimension osuuden kasvaessa liian suureksi, tämän arvoa pienennetään. (Metsäteho 1999, 6.)

Jakaumamatriisin toteutumista ohjataan myös lähioptimaalimenetelmällä. Tässä menetelmässä rungolle on olemassa useita eri katkaisuvaihtoehtoja, joista valitaan se mitä pituutta on vähiten verrattuna jakaumamatriisiin. (Metsäteho 1999, 6.)

Mäntyrunkojen katkonnassa pyrkimyksenä on hyödyntää oksaton tyvitukki mahdollisimman tarkasti, jolloin tyvitukista pyritään katkaisemaan mahdollisimman pitkä. Tukin pituuden kasvaessa sen latvaläpimitta pienenee ja tukki lajitellaan sahalla pienempään kokoluokkaan. sahauksen kannalta optimaalisinta olisi latvaläpimitan maksimointi. (Metsäteho 1997, 8.)

3.2 Katkontaan vaikuttavia tekijöitä

Hakkuukoneiden mittalaitteiden toimivuus on tärkeää. Tukkien pituudet on pysyttävä annetussa katkontatarkkuudessa. Läpimitan mittauksessa heitot vaikuttavat tukin katkaisukohtiin. Virheet katkaisukohdissa voivat alentaa tukin latvaläpimittaa ja liian pitkäksi tai lyhyeksi katkottu tukki raakataan tukkien vastaanotossa. Hakkuukoneiden mittalaitteille on tehtävä tarkastusmittauksia säännöllisesti, jotta tarvittava tarkkuus säilytetään. (Metsäteho 1997, 5.)

Hakkuukoneen mittalaitteiden ohella apterauksen onnistumisessa on tärkeää runkomuodon ennustaminen. Runkomuodon ennustamisessa rungon alkuosasta mitattujen läpimittojen perusteella tietokone laskee loppurungolle runkokäyrän. Tästä käy ilmi rungon kapeneminen. Runkomuodon ennusteen mukaisesti tietokone esittää rungolle optimaalisinta katkontavaihtoehtoa. (Metsäteho 1997, 5.)

Tietokone vertaa mitattua ja ennustettua läpimittaa jatkuvasti. Eron kasvaessa liian suureksi lasketaan rungolle uusi ennuste. (Metsäteho 1997, 5.) Runkomuodon ennustamisessa käytetään apuna runkopankkia. Runkopankissa hakattavasta leimikosta kerätään runkojen mittatiedot muistiin jonka pohjalta tietokone ennustaa runkomuotoa. Käsitellyistä rungoista etsitään runkoa parhaiten kuvaava runkokäyrä. (Metsäteho 1997, 7.)

Jakaumanohjausmenetelmällä pystytään vaikuttamaan eniten pituusjakaukseen. Apterauksessa läpimittajakaumaan on paljon vaikeampi vaikuttaa. (Metsäteho 1997, 22.) Tukkien latvaläpimitan järeyttä saadaan kasvatettua tukin pituutta lyhentämällä, jolloin mäntytukkien osalta ajaututaan ristiriitaan pyrkimyksenä tyvitukin pituuden maksimointi. (Metsäteho 1997, 8.)

Katkonnassa on otettava huomioon monia eri tekijöitä. Runko pyritään katkomaan parhaalla mahdollisimmalla tavalla niin laadullisesti kuin pituusjakauksen puitteissa. Katkonnassa on suuri vastuu hakkuukoneen kuljettajalla. Erilaisten määritelmien lisäksi katkonnan laatuun vaikuttaa hakkuukoneenkuljettajan ammattitaito. Hakkuukoneen kuljettajan olisi kyettävä havaitsemaan

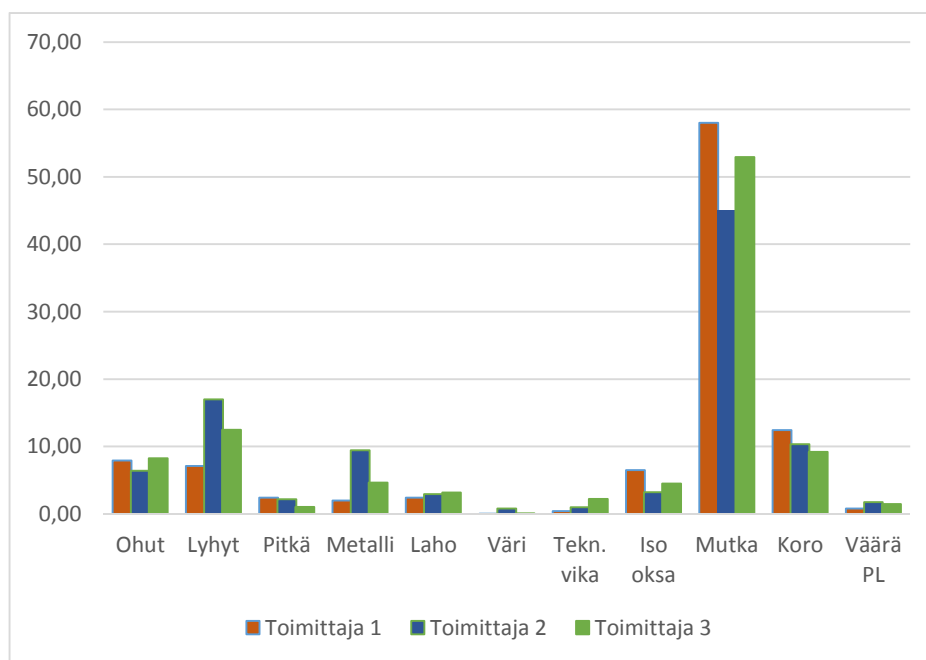
erilaiset viat kuten mutkat ja huomioimaan tämä katkonnassa. (Metsäteho 2003, 71.)

Suomessa puunkorjuussa käytetään tavaralajimenetelmää, jossa hakkuukoneen kuljettaja katkoo kaadetut rungot halutun mittaisiksi. Puukaupan hinnoittelussa voidaan käyttää tavaralajikohtaista hinnoittelua tai runkohinnoittelua. (Malinen, 2011.) Tavoiteltaessa tiettyjä tukkien latvaläpimittoja rungon katkonnassa päädytään helposti tilanteeseen, jossa tukkiosuudesta osa katkotaan kuiduksi tai pikku tukiksi. Tukkiosuuden menetyksestä johtuen leimikosta saatava tuotto pienenee. (Malinen, 2011.)

Tukkien laatua ohjataan mitta- ja laatuvaatimusten avulla. Tukkien katkonnan on asetuttava tiettyyn tarkkuuteen, jotta se hyväksytään tukin vastaanotossa. Läpimitan tarkkuus on merkittävä tekijä tukkien lajittelussa. Millimetrienkin heitto saattaa pudottaa tukin alempaan läpimittaluokkaan, jolloin tukkia ei voida sahata optimaalisella tavalla. (Metsäteho 2005, 71.)

Kontiotuote Oy:n mitta- ja laatuvaatimuksissa tukit jaotellaan latva- ja tyvitukkeihin. Sallitut pituudet ovat 37 – 55, 3 desimetrin jaotuksella. Tyvitukkien minimilatvaläpimitta on 220 ja latvatukkien latvaläpimitta on rajattu välille 150- 210. Lenkoutta sallitaan maksimissaan 1 cm/ metri. Muita huomioitavia seikkoja ovat oksat sekä viat kuten halkeamat. (Kontiotuote Oy 2014.)

Tukkien laatuun vaikuttavat monet tekijät. Vuonna 2013 Kontiotuotteelle toimitetuista tukeista yhteensä 2900 kuutiometriä hylättiin tukin vastaanotossa. Hylkäyksen syitä on monia, mutta merkittävin yksittäinen vika oli mutka tukissa. Raakkitukeista hylättiin 51 prosenttia mutkan vuoksi. (Kuvio 5.) Seuraavaksi yleisin syy hylkäämiselle on liian lyhyet tukit, keskimäärin 10 prosenttia kaikista hylätyistä tukeista. (Kuvio 5.)



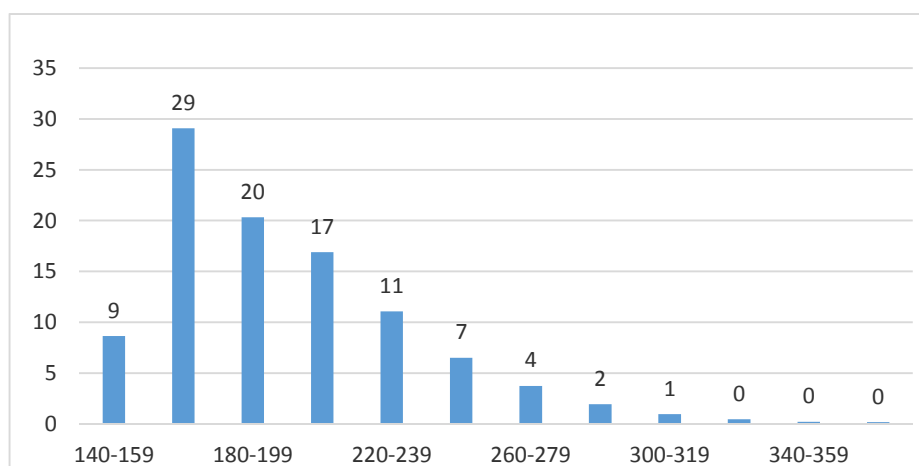
Kuvio 5 Hylätyt tukit toimittajittain (Kontiotuote Oy 2014)

4 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Läpimitat

Toimitetut tukit on luokiteltu läpimitan mukaan kahden senttimetrin tasaaviin luokkiin. Samaa luokittelua käytettiin tutkimuksessa. Läpimitat ilmoitetaan millimetreinä ja ne ovat latvaläpimittoja.

Tukkien läpimitat ovat painottuneet pienempään päähän. Tukeista 58 prosenttia sijoittuu kolmeen pienimpään läpimittaluokkaan 150 -159 – 180- 199. Yleisin läpimittaluokka on 160- 179, jonka osuus on 29 prosenttia. (Kuvio 6.)



Kuvio 6 Vuoden 2013 tukkisuman läpimittajakauma

Tukkien optimaalista hyödynnysastetta tutkittiin Tukki 5.0 sahauksen simulointiohjelmalla. Simulointiohjelmalla etsittiin jokaiselle sahataradimensiolle optimaalinen tukkikoko. Läpimitan vaikutusta sahaussaantoon tutkittiin kolmella eri dimensiolla. Tätä tutkittiin kasvattamalla läpimittaa 20 millimetriä ylöspäin, optimaalisesta läpimitasta.

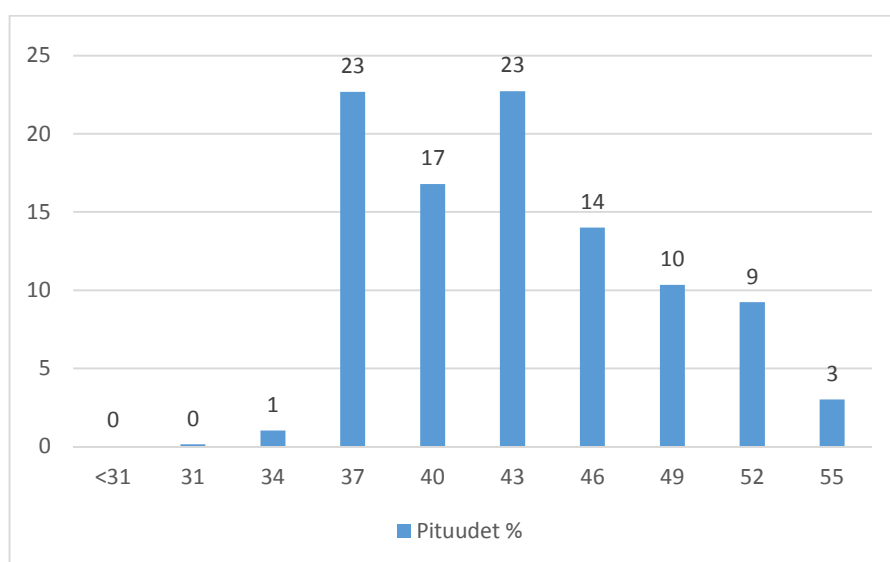
4.2 Tukkien pituudet

Tukkien pituudet on luokiteltu 30 senttimetrin välein. Tutkimuksessa tukkien pituudesta käytetään desimetri muotoa. Yleisimmät tukkien pituudet olivat 43 sekä 37, jotka vastasivat 45 prosenttia kaikista tukeista. (Kuvio7.)

Tutkimuksessa valittiin tukkien keskipituudeksi 43, joka vastasi vuonna 2013 toimitettujen tukkien keskimääräistä pituutta. Tukkien pituudeksi valittiin yksi pituus, jotta eri optimointien vaihtoehtojen määrä kyettiin pitämään kohtuullisena. Tukkien hankinnassa pituutta ei rajata yhteen pituuteen.

Pituuden vaikutusta sahaussaantoon tutkittiin, kolmella eri sahatavara dimensiolla, sekä tukin pituudella. Dimensiot olivat hirsiaihoissa eniten käytetyt 75*150, 51*175 ja 75*225. Valitut tukkipituudet olivat 37, 43 ja 49.

Pituusvertailulla tutkittiin kuinka suuri vaikutus pituudella olisi sahaussaantoon. Rajausta kolmeen dimensioon ja pituuteen tehtiin vähentämään simulointien määrää.



Kuvio 7 Vuoden 2013 tukkisuman pituusjakauma

4.3 Sahatavaran käyttö

Tutkimuksen aineistona käytettiin vuoden 2013 jatkojalostuksessa käytettyjä sahatavaran määriä, ei koko tuotettua määrää. Hirsiaihoihin käytettäviä dimensioita on suuri määrä, mutta muuhun käyttöön tarkoitettuja dimensioita käytetään monipuolisemmin. Esimerkiksi sahatavaradimensiosta 22*100 valmistetaan kuutta eri dimensiota, kuten kattorakenteissa käytettyä 20*88 raaka-ponttia.

Tutkimuksen pääpainopiste on hirsiaihoissa käytetyt sahatavaradimensiot. Niiden osuus kaikesta jatkojalostukseen käytetystä sahatavarasta on 43 104 kuutiometriä sahatavaraa. Tämä vastaa 56 prosenttia 78 698 kuutiometrin kokonaiskäytöstä. Näiden dimensioiden sahaamiseksi tarvitaan suuriläpimitaista puuta, jonka saatavuus on suurin ongelma.

4.4 Tukkimatriisi

Optimaalisen tukkivalikoiman muodostamiseen käytettiin Tukki 5.0 sahauksen simulointiohjelmalla. Simulointiohjelmalla haettiin eri sahatavaradimensioille optimaalisinta tukkikokoa, jonka käyttösuhde olisi mahdollisimman suuri. Tukkimatriisiin tulee olla realistinen puunhankinta alueelta saatavaan raaka-aineeseen nähden.

Saatujen optimaalisten tukkikokojen ja jatkojalostuksen tarvitseman puutavaran määrän pohjalta laskettiin Excel taulukkolaskenta ohjelman avulla tukkien tarve tietyn sahatavaradimension sahaamiseen. Tukkien määrän laskemisessa käytettiin tukin pituutta 43. Eri sahatavaradimensioiden tarve metreinä muutettiin vastaamaan kyseisen määrän sahaamiseksi tarvittavien tukkien lukumäärää.

Lamellihirsien tuottamiseen tarvittavien dimensioiden sahaamiseen käytettiin oletusta, että kustakin tukista saadaan kaksi täysisärmäistä lankkua. Massiivihirsien kohdalla oletuksena on yhden aihion saaminen yhdestä tukista. Tukkien tarvittavaa määrää verrattiin kokonaismäärään, josta saatiin kunkin läpimittaluokittain tarvittavat tukkien osuudet. Pienten dimensioiden alle 32*100 kohdalla käytettiin oletusta, että nämä kyetään sahaamaan tukkien sivulaudoista.

Tutkimuksen aineistona käytettiin Kontiotuote Oy:n vuoden 2013 tukkien toimitus ja sahatavara tilastoja. Toimitetusta puutavarasta oli olemassa tilastoina kappale- ja tilavuusraportit. Kappaleraportti oli enemmän käytetty matriisia muodostettaessa.

Tukkimatriisissa esitetään optimaalisimmat tukkien koot, mutta sen tulisi antaa realistinen kuva tarvittavasta tukkisumasta. Tukkisuman pohjalta mietittiin, onko kyseisenlaista jakaumaa mahdollista saavuttaa. Matriisin yläpäättä ei tarvinnut rajoittaa, sillä tukkien optimaaliset läpimittaluokat eivät yltäneet merkittävän suuriksi.

4.5 Sahauksen optimaalisuus

Tutkimuksen toisessa osiossa tutkittiin sahauksen optimaalisuutta toimitettuun raaka-aineeseen nähden. Vuonna 2013 toimitettujen tukkien määrää verrattiin sahauksen simuloinnissa määritettyihin optimaalisiin tukkikokoihin ja tukkien tarpeeseen.

Sivulautojen sahaamisessa käytetään oletusta, että tukista riippuen saadaan sahattua kaksi tai neljä kappaletta sivulautoja. Tämä riippuu eri tukkien optimaalisista hyödynnysasteista.

Eri tukkikokoluokissa on monia eri pituuksia. Pituuksista käytettiin yleisintä pituutta 43. Vuoden 2013 tukkisuman tukit muutettiin vastaamaan pituutta 43 ja sen pohjalta laskettiin eri läpimittaluokkien tukkien määrät.

Osa rakennuksiin tarvittavista sahatavaroista ostetaan valmiina. Näitä ovat esimerkiksi kyllästetty sahatavara sekä erikoissahatavarat. Näitä ei ole tarkoituskaan valmistaa itse vaan ne on kustannustehokkaampaa ostaa valmiina. Nämä dimensiot jätettiin pois tutkimuksesta.

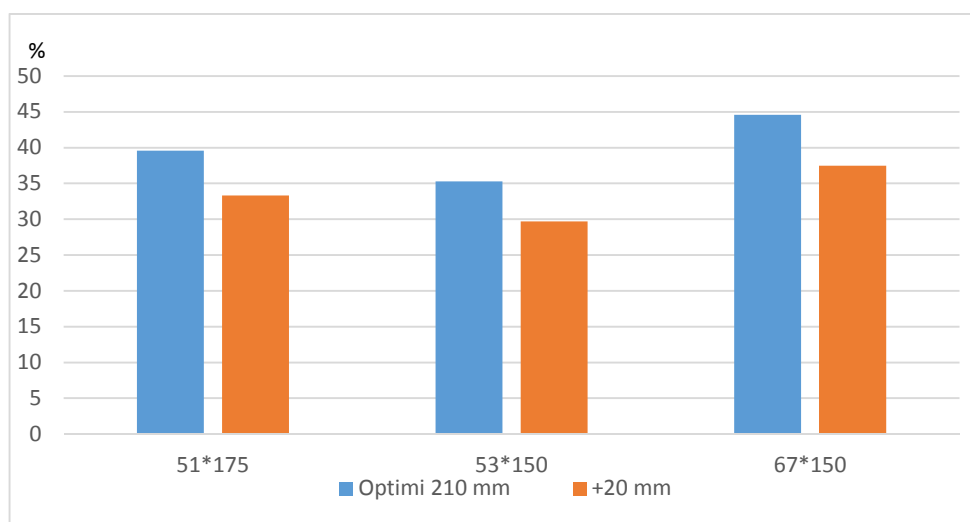
5 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

5.1 Lämpimitan vaikutus sahaussaantoon

Sahauksen simulointiohjelmalla tutkittiin sahatavaradimensioille optimaaliset latvaläpimitat ja käyttösuhteet. Käyttösuhde ilmaisee tukista saatavan sahatavaran osuuden.

Vertailuun valittiin dimensiot 51*175, 53*150 sekä 67*150. Kaikkien kolmen sahatavaradimension sahaamiseksi optimaalinen latvaläpimita olisi 210 millimetriä. (Kuvio 8.) Latvaläpimitan kasvaessa 20 millimetriä käyttösuhde huononi keskimäärin 6 prosenttia optimaalisesta. Suurin ero 7 prosenttia oli dimensiolla 67*150.

Mikäli optimaalisen sahaussaannon mukaista tukkikokoluokkaa ei ole saatavissa, tulisi latvaläpimittaa kasvattaa maltillisesti pysytellen mahdollisimman lähellä optimia. Lämpimitan kasvaessa tukin käyttösuhde pienenee huomattavan nopeasti. Tutkimusta tehtäessä ei otettu huomioon tukin laadun vaikutusta sahaussaantoon.



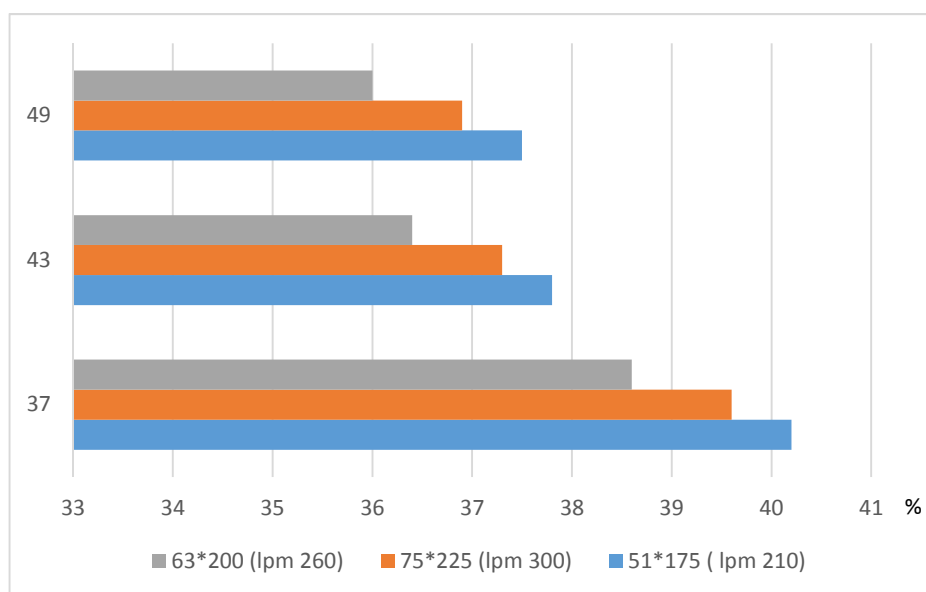
Kuvio 8 Lämpimitan vaikutus sahaussaantoon

5.2 Pituuden vaikutus sahaussaantoon

Pituuden vaikutusta tutkittiin kolmessa eri pituudessa. Tukin pituuden vaikutus sahaussaantoon ei ollut kovin merkittävä. Tukin pituuden kasvaessa hyödynnysaste pieneni. Tukin pituutta ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista lyhentää aivan minimiin, sillä se lisää työtä jatkojalostuksen muissa vaiheissa. Lyhyempää sahatavaraa käytettäessä sormijatkosten määrä suurenee.

Tukin pituudella olisi kuitenkin mahdollista vaikuttaa tukkisuman keskikokoa kasvattavalla tavalla. Mikäli tukit katkottaisiin optimaalisten hyödynnysvaihtoehtojen mukaisesti, ne luokiteltaisiin lokeroon, mistä saataisiin sahattua tarvittavia dimensioita. Tukin katkonnassa ei tulisi tavoitella suurinta pituutta vaan, pyrkimyksenä tulisi olla latvaläpimitan maksimoiminen. Tukin katkonnalla tulisi pyrkiä minimoimaan tukeissa esiintyviä mutkia. Katkonnan tarkkuuteen on myös kiinnitettävä huomiota. Pituuden takia raakatut tukit tulisi saada minimoitua.

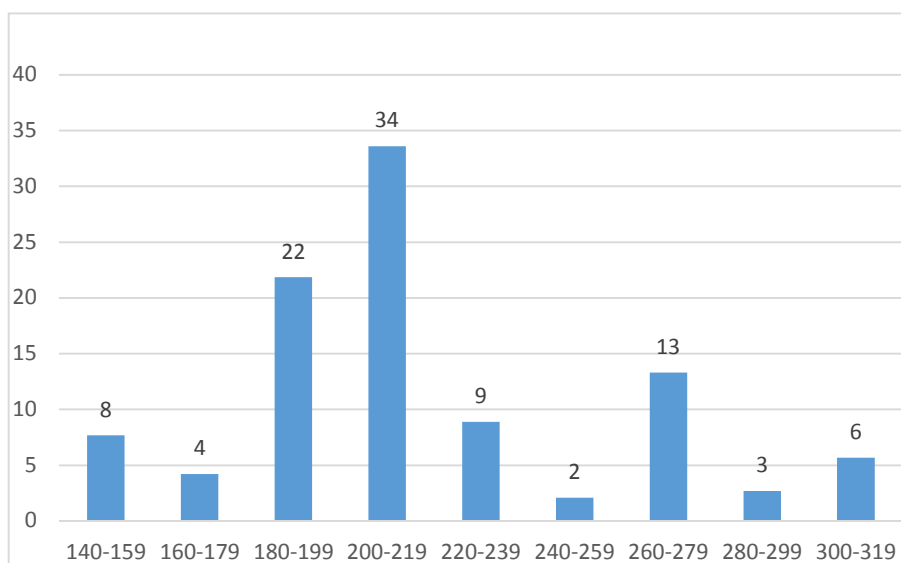
Pituusvertailussa on käytetty valittujen dimensioiden optimaalisia latvaläpimitoja. Pituusvertailussa pisimmän ja lyhyimmän tukin käyttösuhteen ero oli keskimäärin 1,5 prosenttia. (Kuvio 9.)



Kuvio 9 Pituuden vaikutus sahaussaantoon

5.3 Tukkimatriisi

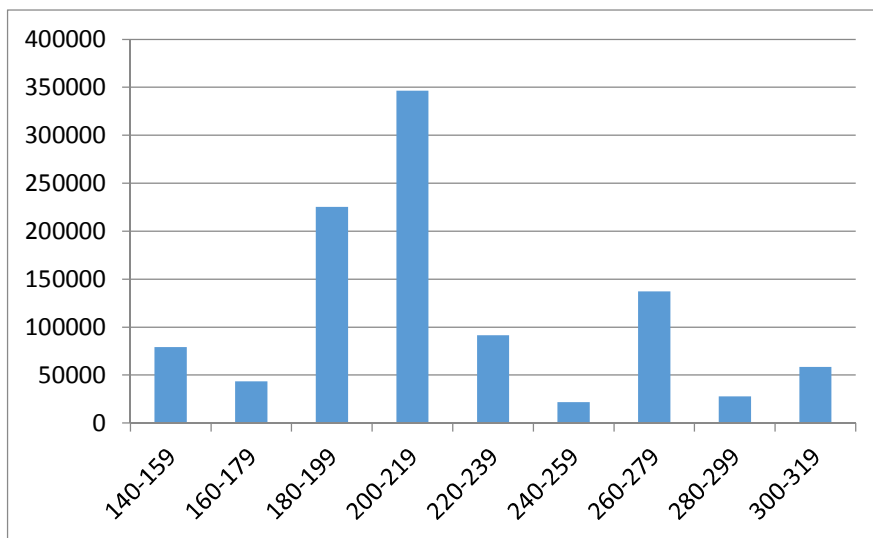
Tukkimatriisissa läpimittajakauma painottuu järeimpiin tukkikokoluokkiin, yli 200 millimetrin latvaläpimittaisten tukkien osuus on 67 prosenttia. (Kuvio 10.) Tukkimatriisissa jako järeiden ja pienien kokoluokkien välillä voidaan tehdä läpimitassa 210 millimetriä. Läpimitasta 210 ylöspäin voidaan sahata suurimpia hirsiaihioidissa käytettäviä sahatavaradimensioita.



Kuvio 10 Tukkien tarve prosentteina läpimittaluokittain

Läpimittaluokan 200- 219 tarve koko tukkijakaumasta on 34 prosenttia. Kyseisessä läpimittaluokassa tukkien tarve on yhteensä 346 590 kappaletta, joista yli 210 latvaläpimittaisten tukkien osuus on 167 324 kappaletta. (Kuvio 11.) Tämä vastaa läpimittaluokan tarpeesta 48 prosenttia. Läpimittajakauman ohjaamisessa on huomioitava, että läpimittaluokan tukkien latvaläpimitoista 48 prosenttia on yli 210 millimetriä.

Läpimittaluokat 140 - 159 – 180 - 199 ovat käyttökelpoisia pienempien dimensioiden sahaamisessa. Niiden osuus koko tarpeesta on 34 %. Näiden tukkikokojen saatavuus on hyvä. (Kuvio 14.)



Kuvio 11 Tukkien tarve kappaleina

5.4 Sahauksen optimaalisuus

Hirsiäihioihin käytettävien dimensioiden käyttösuhde vaihteli suuresti. Hirsiäihiodimensioiden sahaamiseksi käytetään suuri läpimittaista puuta. Näitä tukkeja sahaamalla saavutetaan hyvä tukin käyttöaste. Pääsahatavaroiden lisäksi sivulaudoista voidaan sahata monipuolisesti pienempiä dimensionia, kuten paljon käytetyt 22*100 ja 32*100, mikä nostaa tukin käyttösuhdetta edelleen.

Nämä pienet, mutta paljon käytetyt dimensiot kyettäisiin sahaamaan sivulaudoista, mikäli ostettu tukkivalikoima olisi mahdollisimman optimaalinen. Mikäli sivulaudat eivät riittäisi, on näitä dimensionia mahdollista sahata pieniläpimittaisesta puusta.

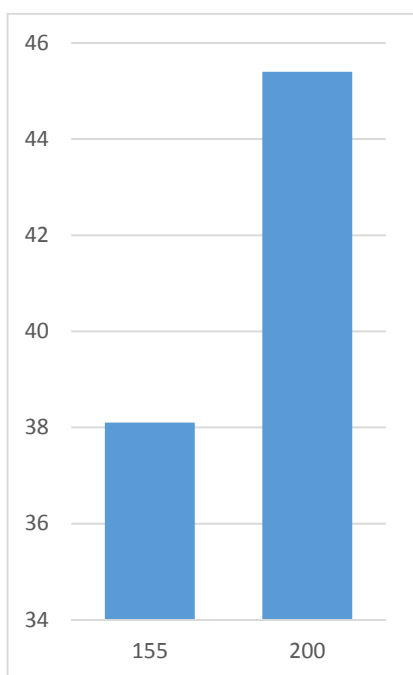
Dimensiot 50*100 ja 44*100 simuloitiin kahdella tavalla. Ensimmäisessä simuloinnissa sahattiin kaksi täysisärmäistä lankkua. Kyseisissä dimensionoissa riittää sahaukseen latvaläpimitaksi 155 (50*100) ja 145 (44*100). Tällöin sahattaessa 44*100 hyödynnysaste on 40,0 prosenttia ja 50*100 on 38,1 prosenttia.

Toisessa simuloinnissa käytettiin läpimittaa 200, joka sijoittui eräänlaiseen väliinpuotoaja luokkaan, jolle ei simuloinnissa suoraan osoittautunut optimaal-

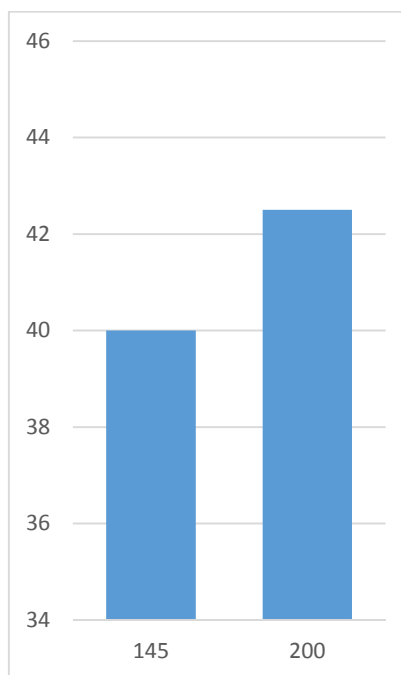
lista dimensiota. Tällöin tukista kyettiin sahaamaan kaksi kappaletta 50*100 lankkuja sekä neljä kappaletta 22*100 sivulautoja. Hyödynnysaste tällöin 50*100 45,4 prosenttia ja 44*100 oli 42,5 prosenttia.

Dimension 50*100 kohdalla ero läpimittojen 155 ja 200 välillä on huomattavasti suurempi 7,3 prosenttia. Tällä on jo huomattava merkitys kokonaisuu- den kannalta kokonaiskäytön ollessa 852 010 metriä. (Kuvio 12.)

Dimension 44*100 ero läpimittojen 145 ja 200 hyödynnysasteen välillä ei ole kuin 2,5 prosenttia. Kyseisen dimension tarve on suuri, vuoden 2013 koko- naiskäyttö on suuret 1 360 833 metriä. Tässä mittakaavassa tämä on jo mer- kittävä määrä tukkeja. (Kuvio13.)



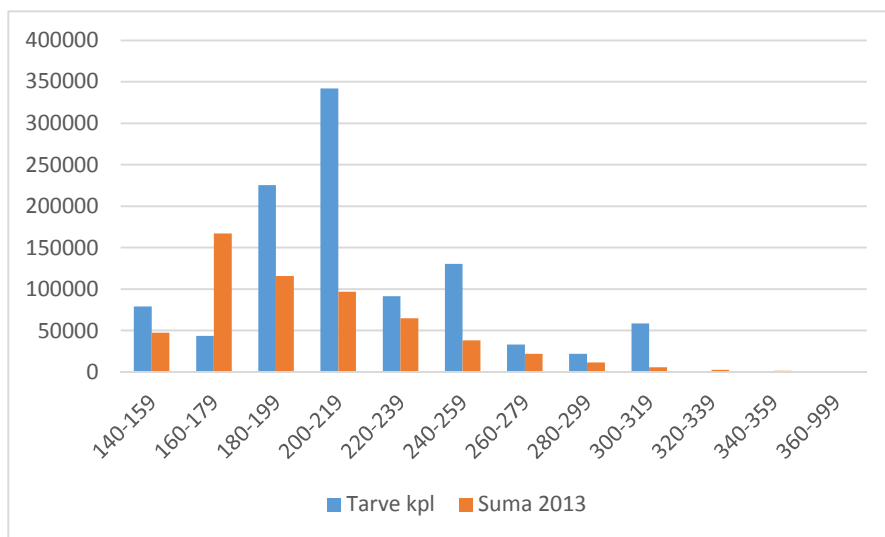
Kuvio 12 Dimensio 50*100



Kuvio 13 Dimensio 44*100

Vuoden 2013 tukkisuman painottuessa pienempiin läpimittaluokkiin siitä pys- tyttiin sahaamaan hyvin rajallisesti suurikokoisimpia dimensioidia, joiden tarve on suurin (Kuvio 14). Pienikokoisista dimensioidista olisi kyetty sahaamaan suurin osa.

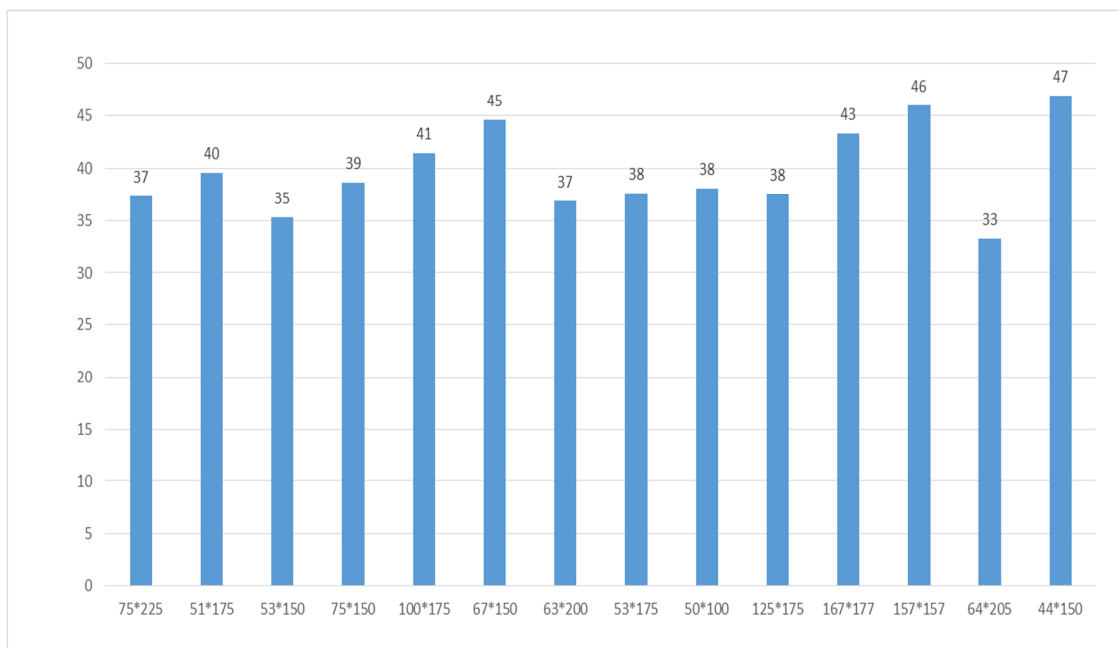
Toimitettu suma ja optimaalinen jakauma (Kuvio 14.) poikkeavat toisistaan merkittävästi. Toimitetun suman tukkien keskokokoa olisi pyrittävä kasvattamaan vastaamaan paremmin optimaalista jakaumaa. (Kuvio 10.)



Kuvio 14 Optimaalinen tarve verrattuna vuoden 2013 tukkisumaan

Tukkien sahaus olisi hyvä keskittää eniten tarvittaviin hirsiaihioidimensioihin. Nämä suurikokoiset dimensiot ovat kalliita ostettavia valmiina. Tukkien hankintaa ja sahausta on verrattava myös optimaaliseen tukkijakaumaan ja käyttösuhteisiin, jonka perusteella voidaan valita mitkä tukkiluokat ovat taloudellisia sahata itse. (Kuviot 10 ja 15.)

Hirsiaihioidimensioihin käytettävien sahatavaradimensioiden käyttösuhteissa havaittiin suuria eroja. Oheisessa kuviossa (kuvio 15) pienimmän ja isoimman käyttösuhteen välinen ero on 14 prosenttia ja keskimääräinen käyttösuhte on 39 prosenttia. Käyttösuhte ilmaisee vain osuuden, josta saadaan hirsiaihioidimensioihin käytettäviä dimensiota, sivulautojen osuutta ei ole otettu huomioon. Kuviossa 15 esitetyt käyttösuhteet ilmaisevat optimaalisesta tukkikoosta sahattuja sahatavaradimensioita. (Liite 1.)



Kuvio 15 Hirsiaiho sahatavaradimensioiden käyttösuhteet

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Puunhankinnassa pääpaino olisi asetettava suuriläpimittaisen puun hankintaan. Pieniläpimittaisen puun saatavuus on parempaa. Tiedossa olevaan tukkitarpeeseen nähden, tulisi puunhankinnassa painottaa tarvittavien kokoluokkien ostamista. Koska sahauksen tarkoituksena on tuottaa jatkojalostuksen tarvitsema raaka-aine, puunhankinta tulisi minimoida ja panostaa tarvittaviin kokoluokkiin.

Puunhankintaa tulisi ohjailla puun tarpeella, tilauskanta on tiedossa pitkälle eteenpäin ja sen mukaisesti sahatavaran määrä. Optimitilanne olisi, että sahattaisiin tarpeen mukaisesti. Raaka-puun ostosopimuksia tehtäessä tulisi asettaa kiintiöt eri läpimittaluokille, jotta sopivaa tukkia saataisiin tarpeeksi. Tehtaalle on turha ostaa tukkia, joka sahataan, mutta saadulle sahatavaralle ei ole käyttöä.

Tutkimuksessa muodostettu tukkimatriisi pohjautuu optimaalisiin käyttösuhteisiin sekä käytettyyn sahatavaran määrään. Eri tukkien laatua ja käytettävyyttä ei voi ennustaa, mutta eri tukkien tarpeelle muodostetut osuudet ovat käyttökelpoisia. Sahauksen simulointi tehtiin oletuksella, että saatu sahatarava on täysisärmäistä. Osassa dimensioissa kyetään hyödyntämään vaajasärmäistäkin sahatavaraa. Tärkeintä kuitenkin on saadut tukkien hankintasuhteet.

Tutkimuksen tärkein tavoite oli määritellä jatkojalostuksen tarpeet parhaiten huomioiva tukkimatriisi. Tämä onnistui hyvin tehtyjen simulointien perusteella.

Optimoituja tukkien hankintamääriä on mahdollista käyttää tehtäessä puun toimitussopimuksia. Matriisin tarkoituksena on näyttää suuntaa hankittavan puun tarpeelle. Vuosittainen jatkojalostuksen tarvitsema sahatavaran määrä muuttuu, minkä mukaisesti matriisia on mahdollista muokata ja sitä kautta ohjata puunhankintaa.

Sahauksen optimaalisuudessa on monia puolia. Yhden tukin voi sahata hyvin monella eri tavalla, jolloin sahaussaanto ja tätä myötä käyttösuhteet ovat erilaisia. Mikäli puunhankinnassa kyettäisiin saavuttamaan mahdollisimman optimaalinen tukkisuma, olisi mahdollista sahata tarpeen mukaan.

Jatkojalostuksen kannalta olisi eduksi, mikäli eri dimensioiden tarvetta voitaisiin vähentää. Lukuisten eri dimensioiden sahaaminen ja käyttö monimutkaistaa tuotantoketjua.

Tutkimusta tehtäessä kokonaisuuden hahmottaminen vaati suuren huomion. Tutkimuksessa oli hyvin monia muuttujia, ja niiden huomioiminen asetti omat vaatimuksensa. Tutkimuksella oli taipumusta laajeta liikaa, joka aiheutti ajoittaista sekaannusta.

Tehtyjen rajausten riskinä olivat liian suppeat tutkimustulokset ja oleellisten asioiden pois jääminen. Tutkimusongelma oli kuitenkin hyvin rajattu opinnäytetyön toimeksiantajan suunnalta, ja koko prosessin aikaisen harkinnan mukaisesti kyseisenlaiset menetelmät ja tulokset valikoituivat käytettäväksi.

LÄHTEET

- Juvonen, R. – Johanson, P. 1986. Mekaaninen metsäteollisuus 2, Helsinki: Valtion painatuskeskus
- Kontiotuote Oy 2014. Tietoja yrityksestä. Osoitteessa: <http://www.kontio.fi/fin/Kontiotuote-Oy/Kontio-pahkinankuoressa.632.html> 25.10.2014
- Lauhikari, E. 2014. Kontiotuote Oy:n tuotantopäällikön haastattelu 26.3.2014
- Malinen, J. 2011. Katkenta- ensimmäinen jalostuspäätös vai raaka-aineen hinnan määrittäystä? Esitelmä Puupäivänä Joensuussa 27.11.2011. Osoitteessa: <http://2011.puupaiva.com/sites/default/files/slides/C%20Malinen%20Jukka.pdf>, 20.10.2014
- Metsäteho Oy 2003. Katsaus: Hakkuukoneenkuljettaja tiedonkäsittelijänä. Osoitteessa: http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Katsaus/Katsaus_001.pdf 20.10.2014
- Metsäteho Oy 2005. Korjuun suunnittelu ja toteutus. Osoitteessa: http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Opas/Korjuun_suunnittelu_ja_toteutus_ver02.pdf. 25.10.2014
- Metsäteho Oy 2010. Puuhuolto-opas: Korjuun suunnittelu. Osoitteessa: http://www.metsateho.fi/files/metsateho/korjuun_suunnittelu/start.html?page_id=johdanto_3_4. 29.10.2014
- Metsäteho Oy 1997. Raportti 35. Osoitteessa: http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_035.pdf. 20.10.2014
- Metsäteho Oy 1998. Raportti 46. Osoitteessa: http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_046.pdf. 8.11.2014
- Metsäteho Oy 1999. Raportti 81. Osoitteessa: http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_081.pdf. 9.11.2014
- Poijula, J. 2014 Kontiotuote Oy:n toimitusjohtajan haastattelu 3.1.2014
- Puuinfo. 2014 Puurakentaminen on ratkaisu. Osoitteessa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puurakentaminen-on-ratkaisu/puurakentaminenonratkaisu1.pdf>
- Siikanen, U. 2008. Puurakentaminen, Tampere: Rakennustieto Oy

LIITTEET

OPTIMAALISET LATVALÄPIMITAT

Liite 1

| Dimensio, mm | Käyttösuhde % | Optimaalinen lpm |
|--------------|---------------|------------------|
| 75*225 | 37 | 30 |
| 51*175 | 40 | 21 |
| 53*150 | 35 | 21 |
| 75*150 | 39 | 26 |
| 100*175 | 41 | 22 |
| 67*150 | 45 | 21 |
| 63*200 | 37 | 26 |
| 53*175 | 38 | 22 |
| 50*100 | 38 | 16 |
| 125*175 | 38 | 24 |
| 167*177 | 43 | 26 |
| 157*157 | 46 | 23 |
| 64*205 | 33 | 28 |
| 44*150 | 47 | 19 |